

PENGARUH ABU TERBANG TERHADAP SIFAT-SIFAT MEKANIK BETON ALIR RINGAN ALWA

Oleh

Surya Sebayang¹⁾

Ratna Widyawati¹⁾

Muhammad Habibie B²⁾

Abstract

Flowing concrete flow under its own weight and maintain homogeneity while filling and passing around congested reinforcement. Lightweight flowing concrete is used to reduce or eliminate the requirement vibration to reduce construction cost, reducing construction time, and and minimize the dead load of the weight of its own. The purpose of this study is to determine and compare the effect of adding the percentage of fly ash in lightweight flowing concrete mixture of the mechanical properties by analyzing workability, bulk density, compressive strength, modulus of elasticity of concrete and setting time. Mix design using the ACI method combined with the method of Hashimoto. The substitution of fly ash to the concrete are 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, and 15% of the cement content. Treatment of samples was done by soaking and aerated for 7 days. Compressive strength testing performed on specimens aged 7 days, 28 days and 56 days. From the test results obtained : (1) Effect of fly ash in fresh concrete was increased the workability of the concrete, (2) Additionn of fly ash was increased the initial and final setting time, (3) by using natural sand materials from Tanjung Bintang produce concrete with a weight (mass) concrete slightly exceeded the limit of weight requirements of lightweight concrete (1850 kg/m³), (4) The optimum strength of fly ash lightweight flowing concrete was 22,98 MPa at 56 days age in 6% percentage of fly ash.

Keywords : lightweight concrete, compression strength, fly ash, setting time, workability

Abstrak

Beton alir dapat mengalir dan menghasilkan adukan yang homogen ketika mengisi daerah penulangan yang padat. Beton alir ringan digunakan untuk mengurangi bahkan meniadakan kebutuhan pemadatan, mengurangi biaya konstruksi, mempercepat waktu konstruksi, dan meminimalkan beban mati dari beratnya beton sendiri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh dari penambahan persentase abu terbang pada campuran beton alir ringan terhadap sifat mekanik dengan cara menganalisis kelecakan adukan, berat volume, kuat tekan, modulus elastisitas dan waktu pengikatan beton. Perancangan campuran beton menggunakan metode ACI yang dikombinasikan dengan metode Hashimoto. Adukan beton terdiri dari 5 variasi kadar abu terbang yaitu : 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman dan diangin-anginkan selama 7 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji umur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari. Dari hasil pengujian diperoleh: (1) Semakin besar kadar abu terbang pada adukan beton maka akan meningkatkan kelecakan beton, (2) penggunaan abu terbang memperlambat waktu pengikatan awal dan akhir beton, (3) dengan menggunakan material pasir alam dari Tanjung Bintang menghasilkan beton dengan berat (massa) beton sedikit melampaui batas persyaratan berat beton ringan (1850kg/m³), dan (4) Kuat tekan optimum beton abu terbang sebesar 22,98 MPa, pada umur 56 hari diperoleh pada kadar abu terbang 6% sebagai bahan pengganti sejumlah semen.

Kata kunci : beton alir ringan, abu terbang, kuat tekan, waktu pengikatan, kelecakan.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung

²⁾ Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung

I. PENDAHULUAN

Beton sebagai bahan konstruksi bangunan sipil, paling banyak digunakan saat ini. Hal tersebut dikarenakan beton memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan bahan-bahan konstruksi lain, diantaranya karena harga yang relatif murah, mudah dibentuk, kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, serta ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar. Namun, penggunaan bahan beton juga memiliki kekurangan/kerugian yaitu mengenai besarnya beban mati dari berat beton sendiri yang juga akan bekerja pada struktur bangunan selain dari beban-beban yang lain. Untuk mengatasi kekurangan/kerugian tersebut perlu dipikirkan adanya pembuatan beton ringan.

Beton disebut sebagai beton ringan jika berat volumenya 1400-1850 kg/m³ (ACI 213R-79). Beton ringan pada umumnya memiliki campuran yang sama dengan beton normal, hanya saja agregat kasar pada beton ringan perlu dikurangi berat jenisnya. Di Cilacap, telah dibangun pabrik yang memproduksi agregat kasar ringan ALWA (Artificial Light Weight coarse Aggregate) dari hasil pembakaran lempung, karena agregat ini cukup ringan, maka agregat tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agregat kasar pada campuran beton ringan untuk struktur bangunan.

Pada konstruksi beton saat ini, banyak berkembang desain konstruksi dengan tingkat kesulitan pengerjaan yang tinggi, oleh karena itu diperlukan adanya teknologi baru yaitu beton alir (flowing concrete). Beton alir (flowing concrete) adalah beton yang mempunyai karakteristik slump lebih dari 190 mm atau 7½ in dengan tetap menjaga kohesivitas dari beton secara alami (ASTM C 1017). Beton alir dapat mengalir dengan beratnya sendiri (self-compacting concrete) merupakan teknologi beton baru yang tidak memerlukan proses pemadatan pada saat pengecoran serta mempunyai tingkat flowability (kemampuan mengalir), workability (kemudahan dalam pelaksanaan) serta passingability (kemampuan beton mengalir dalam celah-celah antar besi tulangan atau celah sempit tanpa terjadi

segregasi) yang tinggi.

Beton alir pertama kali dikembangkan di Jepang pada pertengahan tahun 1980-an dan mulai digunakan pada konstruksi beton pada awal tahun 1990-an sebagai sarana untuk membuat keseragaman kualitas beton dengan mengontrol permasalahan dari kurangnya pemadatan oleh tenaga kerja terampil.

Penelitian yang berkembang saat ini adalah pembuatan beton ringan yang dilakukan dengan cara mengganti agregat kasar (kerikil) dengan ALWA (Artificial Light Weight coarse Aggregate) seperti bloated clay, crushed brick atau fly ash coarse aggregate. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian mengenai beton ringan dengan menggunakan metode tersebut.

Berdasarkan SK SNI 03-2461-2002, yang dimaksud dengan agregat ringan buatan adalah agregat yang dibuat dengan membekahkan atau memanaskan bahan-bahan, seperti terak dan peleburan besi, tanah liat diatome, abu terbang, tanah serpih, batu tulis, dan lempung.

Beton alir dapat diproduksi jika menggunakan superplasticizer yang diperlukan untuk mendispersikan (menyebarkan) partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel yang halus. Komposisi agregat kasar dan agregat halus juga harus diperhatikan dalam proses produksi beton alir, mengingat semakin besar proporsi agregat halus dapat meningkatkan daya alir beton segar tetapi jika agregat halus yang digunakan terlalu banyak maka dapat menurunkan kuat tekan beton yang dihasilkan, sebaliknya jika terlalu banyak agregat kasar dapat memperbesar resiko segregasi pada beton, sedangkan penggunaan bahan pengisi (filler) diperlukan untuk meningkatkan viskositas beton guna menghindari terjadinya bleeding dan segregasi, untuk tujuan tersebut dapat digunakan abu terbang (fly ash).

Abu terbang merupakan limbah pembakaran batu bara yang butirannya lebih halus daripada semen Portland, yang mempunyai sifat-sifat hidrolik. Pada awalnya abu terbang ini digunakan sebagai bahan penambah semen dengan kadar 5 %-20 % dengan maksud untuk menambah plastisitas

adukan beton dan menambah kekedenan beton (Suhud, 1993). Karena kehalusan dan bentuk bulat butirannya maka pemakaian abu terbang pada adukan beton dapat menambah kelecakan pada adukan beton. Penggunaan abu terbang 10-15 % sebagai bahan pengganti semen dapat menambah kekuatan beton (Surya, 2002 ; Udin, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh dari penambahan prosentase abu terbang pada campuran beton alir ringan terhadap sifat mekanik dengan cara menganalisis kelecakan adukan, berat volume, waktu pengikatan dan kuat tekan, serta membandingkan hasil kuat tekan dari variasi komposisi campuran abu terbang.

II. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I, agregat halus (pasir) asal Tanjung Bintang Lampung Selatan, Agregat kasar ALWA yang digunakan agregat hasil produksi Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum Cilacap, Jawa Tengah. Abu terbang (fly ash) yang digunakan diperoleh dari PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkit Tarahan. Air dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Unila. HRWR yang digunakan adalah Viscocorte-10 dengan dosis pemakaian 1 % terhadap berat semen.

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah: concrete mixer kapasitas 40 liter digerakkan dengan kecepatan 20 putaran permenit, cetakan benda uji silinder dari baja dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Kerucut Abram untuk mengukur

kelecakan adukan beton, Compression Testing Machine kapasitas 150 ton, untuk menguji kuat tekan beton, dan penetration resistance untuk mengukur waktu pengikatan beton.

Pengujian dan pemeriksaan bahan campuran beton terdiri dari:

- Analisis saringan agregat kasar dan agregat halus (ASTM C-136).
- Berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C-128 & ASTM C-127).
- Kadar air agregat halus dan agregat kasar (ASTM C-566 & ASTM C-556).
- Berat volume agregat kasar dan agregat halus (ASTM C-29).
- Kadar lumpur agregat halus (ASTM C-117).
- Kandungan zat organik dalam pasir (ASTM C-40).
- Spesifikasi standar untuk agregat halus dan agregat kasar pada beton berbobot ringan (ASTM C-330).

Perancangan campuran beton menggunakan metode ACI 211-4R-93 yang dikombinasi dengan metode Hashimoto, dengan ketentuan kuat tekan karakteristik 17,5 MPa, nilai slump rencana > 190 mm, ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm. abu terbang yang digunakan sebagai bahan tambahan sebesar 0%, 3 %, 6 %, 9 %, 12 %, dan 15% dari berat semen.

Benda uji yang dibuat terdiri dari silinder beton dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 72 buah. Untuk pengujian waktu pengikatan (setting time) pada mortar digunakan benda uji kubus dengan tinggi 15 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah Benda Uji Silinder Beton

Kode Benda Uji	Kadar Abu Terbang (%)	Silinder Ukuran 10 cm / 20 cm (bh)			Jumlah Sampel (bh)
		Umur pengujian			
		7 hari	28 hari	56 hari	
BFA 0	0	4	4	4	12
BFA 3	3	4	4	4	12
BFA 6	6	4	4	4	12
BFA 9	9	4	4	4	12
BFA 12	12	4	4	4	12
BFA 15	15	4	4	4	12
Total Benda Uji		24	24	24	72

Pengukuran kelecakan adukan beton digunakan dengan slump test. Sedangkan pemadatan beton pada cetakan dilakukan dengan memukul perlahan dinding cetakan dengan palu karet. Untuk pengujian waktu pengikatan maka dilakukan pemisahan mortar dari adukan beton dengan menggunakan saringan 4,75 mm, memasukkan mortar kedalam benda uji kubus sisi 150 mm selanjutnya dilakukan pengujian waktu pengikatan sesuai dengan ASTM C 403.

Benda uji yang telah dibuka dari cetakan, kemudian dirawat dengan cara perendaman. Sebelum benda uji diuji kuat tekannya, maka benda uji dicapping terlebih dahulu dengan menggunakan belerang. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan Compression Testing Machine dengan kecepatan pembebanan 0,14-0,34 MPa per detik sesuai dengan ASTM C39.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian di laboratorium meliputi pengujian material agregat, kelecakan adukan

beton, waktu pengikatan beton, berat volume beton, kuat tekan beton, dan modulus elastisitas beton, hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan kurva

1. Pengujian Agregat

Pemeriksaan terhadap agregat kasar dan agregat halus antara lain meliputi pemeriksaan modulus kehalusan, kadar air, berat volume, berat jenis, persentase penyerapan, kadar lumpur, dan kandungan zat organik pada agregat halus. Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan material digunakan sebagai acuan dasar dalam mendisain campuran beton, sehingga kekuatan beton yang diperoleh sesuai dengan yang direncanakan.

Hasil pemeriksaan agregat kasar (ALWA) dan agregat halus diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan/pengujian agregat kasar (ALWA)

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi SNI 03-2461-2002
1	Modulus kehalusan	6,4	6 8
2	Kadar air (%)	1,39	0 3
3	Berat jenis kondisi SSD	1,58	1 - 1,8
4	Berat volume (kg/m ³)	890	<1040
5	Persentase penyerapan (%)	11,3	< 20
6	Kuat hancur agregat (MPa)	18,7	-

Tabel 3. Hasil pemeriksaan/pengujian agregat halus.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi ASTM
1	Modulus kehalusan	2,59	2,3 - 3,1
2	Kadar air (%)	0,7	0 1
3	Berat jenis kondisi SSD	2,54	2,5 - 2,7
4	Persentase penyerapan (%)	1,2	1 3
5	Kadar lumpur (%)	2,1	< 5
6	Kandungan zat organik (warna)	Lebih Muda	Lebih muda atau sama
7	Berat volume (kg/m ³)	1450	-

Dari pengujian agregat kasar dan agregat halus, pada Tabel 2 dan Tabel 3 maka hasil yang diperoleh memenuhi persyaratan standar SNI dan ASTM. Dari hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus maka dilakukan perhitungan perancangan campuran beton, selanjutnya dilakukan trial mix untuk mengetahui apakah slump rencana sudah

tercapai yaitu lebih dari 190 mm, apakah adukan yang ada sudah kohesif, dan apakah kuat tekan pada umur 7 hari sudah tercapai apabila dikonversi pada umur 28 hari.

Komposisi material dasar beton alir ringan untuk campuran trial mix tiap volume 1m³ beton dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Material Trial Mix untuk tiap 1m³

<i>Trial Mix</i>	Semen (kg)	ALWA (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	SP (%)	Kondisi Adukan	<i>Slump</i> (cm)
1	406,86	445	687	256,32	1	Tidak kohesif	-
2	406,86	445	687	256,32	0,8	Kohesif	18
3	447,55	445	687	281,95	0,8	Kohesif	20

Setelah dilakukan trial mix sebanyak 3 kali maka diperoleh Kebutuhan bahan dalam 1 m³ beton dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan material beton alir ringan untuk 1m³

Kadar Abu terbang (%)	Semen (kg)	Abu terbang (kg)	ALWA (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	SP (kg)
0	447.55	0	445	687	281.95	3.58
3	434.12	13.43	445	687	281.95	3.47
6	420.69	26.85	445	687	281.95	3.37
9	407.27	40.28	445	687	281.95	3.26
12	393.84	53.71	445	687	281.95	3.15
15	380.41	67.13	445	687	281.95	3.04

2. Keleccakan Adukan Beton

Pengukuran keleccakan adukan beton dilakukan dengan slump test (ASTM C 143). Selanjutnya hasil pengukuran disajikan pada Tabel 6. Slump yang terjadi pada semua kadar abuterbang adalah collapse slump (Neville,1987) dengan nilai slump >190 mm. Masing-masing adukan terlihat kohesive, tidak terjadi segregasi. Semakin besar persentase kadar abu terbang yang ditambahkan pada adukan beton maka keleccakan adukan akan

bertambah . Hal ini terjadi karena butiran abu terbang berbentuk bulat dan permukaan butirannya halus, sehingga friksi yang terjadi pada adukan semakin kecil (Ryan, 1992). Penggunaan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen ternyata dapat mengurangi naiknya air ke permukaan (bleeding) dan mengurangi segregasi pada adukan beton, hal ini disebabkan karena pengaruh penggunaan abu terbang dalam adukan dapat menghambat naiknya air ke permukaan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Slump

Kadar Abu Terbang (%)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Nilai <i>Slump</i> Rencana (cm)
0	20	> 19
3	19,5	> 19
6	21	> 19
9	23	> 19
12	24	> 19
15	26	> 19

3. Waktu Pengikatan Beton

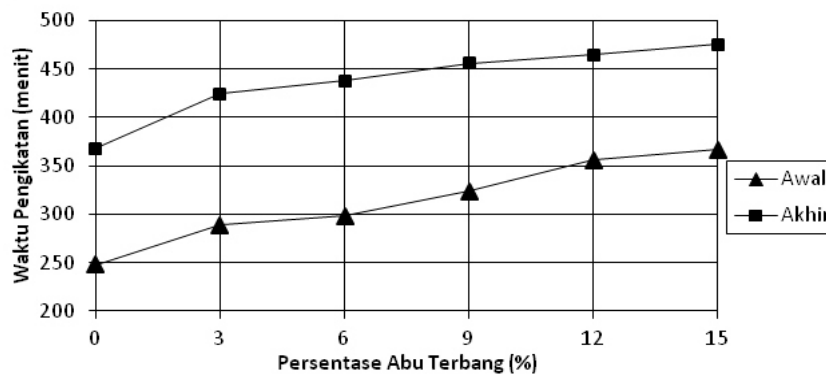
Pengukuran waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir dilakukan dengan alat penetration resistance. Waktu pengikatan awal terjadi pada perlawanan penetrasi sebesar 3,5 MPa dan waktu pengikatan akhir terjadi pada perlawanan penetrasi sebesar 27,6 MPa. Selanjutnya waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir pada masing-masing komposisi disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 1.

Semakin besar persentase abu terbang maka waktu pengikatan awal maupun akhir semakin lambat. Senyawa-senyawa C3S, C2S,

C3A dan C4AF akan bereaksi dengan air, yang diawali dengan senyawa C3A. Hasil reaksi akan bereaksi kembali dengan unsur-unsur utama yang terdapat pada abu terbang yaitu silika dan alumina dengan demikian maka rantai reaksi hidrasi akan semakin panjang yang pada akhirnya akan menambah waktu pengikatan beton. Semakin besar kandungan abu terbang sebagai pengganti sejumlah semen pada adukan beton maka senyawa-senyawa C3S, C2S, C3A dan C4AF akan berkurang pula hal ini akan menyebabkan berkurangnya panas hidrasi. Berkurangnya panas hidrasi akan memperlambat reaksi sehingga akan memperlambat waktu pengikatan.

Tabel 7. Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Beton

Kadar Abu Terbang (%)	Waktu Pengikatan Awal (menit)	Waktu Pengikatan Akhir (menit)
0	247.76	368.12
3	288.65	424.51
6	297.95	437.84
9	323.98	455.65
12	355.63	464.77
15	366.49	475.47



Gambar 1. Hubungan Waktu Pengikatan dengan Persentase Abu Terbang

4. Berat Volume Beton

Pengukuran berat volume beton dilakukan dengan cara menimbang benda uji, pada saat permukaan benda uji mengering dari

rendaman air. Berat volume benda uji diperoleh dengan membagi berat benda uji dengan volume benda uji. Berat volume padat rata-rata benda uji untuk masing - masing persentase abu terbang disajikan pada Tabel 8

Tabel 8. Berat Volume Beton Ringan

Kadar Abu Terbang (%)	Umur (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)	Berat Volume Padat Rata-Rata (kg/m^3)
0	7	4	1937,71
	28	4	1964,45
	56	4	1993,57
3	7	4	1916,38
	28	4	1950,76
	56	4	1978,30
6	7	4	1895,22
	28	4	1894,10
	56	4	1950,44
9	7	4	1908,90
	28	4	1892,83
	56	4	1937,87
12	7	4	1890,92
	28	4	1855,75
	56	4	1808,00
15	7	4	1867,05
	28	4	1854,79
	56	4	1922,11

Pada Tabel 8. terlihat bahwa semakin besar persentase abu terbang (fly ash) sebagai pengganti semen, maka semakin kecil berat volume beton. Hal ini disebabkan berat jenis abu terbang (fly ash) sebesar 2,22 lebih kecil daripada berat jenis semen sebesar 3,15.

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat pula bahwa hasil pengujian yang dilakukan diperoleh berat volume padat beton ringan sedikit melebihi spesifikasi batas berat volume padat beton ringan sesuai standar ACI 213R-79 yaitu 1400 - 1850. Hal ini terjadi karena berat volume pasir yang terlalu besar yaitu 1450 kg/m^3 .

5. Kuat Tekan

Kuat tekan uniaksial benda uji silinder dihitung dengan menggunakan

rumus pada Persamaan sebagai berikut:

$$f_c = P/A$$

dengan :

f_c = kuat tekan silinder (MPa)

P = beban yang dipikul pada saat runtuh (N)

A = luas penampang silinder (mm^2)

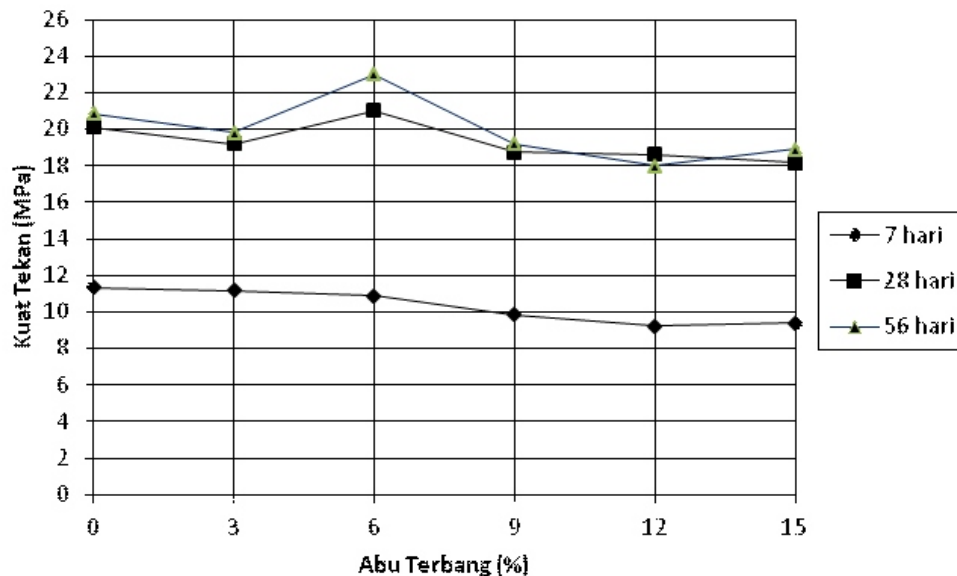
Selanjutnya hasil kuat tekan rata-rata benda uji silinder untuk masing-masing kadar abu terbang dan umur disajikan pada Tabel 9 dan Gambar 2.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata

Kadar Abu terbang (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)		
	7 hari	28 hari	56 hari
0	11,34	20,11	20,87
3	11,19	19,20	19,81
6	10,89	21,02	22,98
9	9,83	18,75	19,20
12	9,22	18,60	17,99
15	9,37	18,14	18,90

Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata rencana atau yang ditargetkan tidak tercapai sebesar 24,5 MPa, nilai kuat tekan yang mendekati adalah 22,98 MPa pada kadar abu terbang 6 %. Hal ini disebabkan belum adanya metode perancangan campuran yang tepat untuk beton alir ringan, sehingga dilakukan perancangan campuran dengan cara mengkombinasikan metode perancangan campuran antara metode Hasimoto (untuk beton alir) dengan metode ACI 211.2-98 (untuk beton ringan). Namun secara keseluruhan telah melebihi kuat tekan karakteristik sebesar 17,5 MPa yaitu persyaratan kuat tekan minimum untuk beton struktur.

Reaksi pozzolanic antara silika SiO_2 terhadap kalsium hidroksida Ca(OH)_2 yang terdapat pada semen terjadi setelah mencapai umur 28 hari, dibuktikan dengan adanya kuat tekan beton dengan penambahan abu terbang pengganti semen sebesar 6% (BFA 6) dengan nilai kuat tekan 21,02 MPa, dan bertambah besar kenaikan pada umur 56 hari mencapai 22,98 MPa. Sifat mekanik ukuran mikropartikel dari butiran abu terbang akan meningkatkan kerapatan beton yang juga memberikan kontribusi penambahan kekuatan pada beton. Hubungan kuat tekan beton dengan variasi persentase abu terbang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Hubungan Persentase Abu Terbang dengan Kuat Tekan Beton

6. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton diperoleh dari pengujian perubahan tinggi (perpendekan) silinder beton pada saat pengujian kuat tekan beton. Data hasil pengujian menghasilkan kurva tegangan-regangan beton kemudian dianalisis untuk memperoleh modulus

elastisitas dengan menggunakan Persamaan. Pengujian Modulus elastisitas beton dilakukan pada umur beton 28 hari dan 56 hari, karena pada umur beton sebelum 28 hari kuat tekan beton yang dihasilkan masih relatif rendah. Nilai modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Nilai Modulus Elastisitas Beton Alir Ringan Umur 28 hari

Kadar Abu Terbang (%)	Hasil Penelitian	ACI 318-83 M	Hognestad
0	16079,76	17704,57	13107,04
3	19724,46	16821,06	12788,73
6	16816,30	17455,63	13107,04
9	19365,02	18332,04	13107,04
12	18608,25	15892,42	12629,58
15	17705,35	17563,32	12470,42

Pengujian yang dilakukan pada setiap kadar abu terbang didapat data acak sehingga data tersebut tidak dapat dirata-ratakan, maka

diambil satu data (parsial) untuk mewakili pada setiap kadar abu terbang.

Tabel 11. Nilai modulus elastisitas beton alir ringan umur 56 hari

Kadar Abu Terbang (%)	Hasil Penelitian	ACI 318-83 M	Hognestad
0	20509,38	19519,65	12947,89
3	20693,20	18821,64	12629,58
6	27827,30	21713,52	14857,75
9	21289,30	18596,13	12947,89
12	20503,85	14825,96	11992,96
15	16603,52	17420,56	12311,27

Dari Tabel 10 dan Tabel 11 dapat dilihat adanya sedikit perbedaan antara nilainilai modulus elastisitas E_c dari hasil percobaan dengan modulus elastisitas E_c yang diperoleh dari prediksi rumus-rumus empiris ACI 318-83 M dan Hognestad. Perbedaan nilai Modulus Elastisitas terbesar Modulus elastisitas dapat bervariasi terhadap kecepatan pembebanan dan jenis benda uji beton. Jadi hampir tidak mungkin dapat diperkirakan secara tepat nilai modulus

elastisitas yang ditentukan

Perbedaan nilai modulus elastisitas diatas juga bisa terjadi dikarenakan adanya pemakaian alat ukur perpendekan beton (sistem mechanical) yang tingkat akurasi atau ketelitiannya masih kurang, ditambah pula dengan cara pembacaannya yang masih secara visual. Hal ini tentunya bisa menyebabkan hasil pengukuran yang kurang akurat, yang berakibat kurang tepatnya nilai regangan yang diperoleh.

IV. KESIMPULAN

1. Persentase abu terbang sebagai pengganti semen optimum terjadi pada penambahan 6 %, mendapatkan hasil kuat tekan sebesar 22,98 MPa pada umur 56 hari.
2. Waktu pengikatan awal maupun akhir pada adukan beton alir ringan mengalami perlambatan seiring dengan adanya penambahan abu terbang sebagai pengganti semen.
3. Berat (massa) volume beton sedikit melampaui batas persyaratan berat beton ringan
4. Nilai kuat tekan rata-rata beton ringan dengan ALWA yang dihasilkan dari kombinasi metode ACI dengan metode Hashimoto (secara ideal) tidak mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan.
5. Terdapat perbedaan nilai-nilai modulus elastisitas hasil penelitian terhadap modulus elastisitas yang diperoleh dari prediksi rumus-rumus empiris ACI 318-83M dan Hognestad, dikarenakan modulus elastisitas beton berubah-ubah atau dipengaruhi oleh kekuatan beton, umur beton, sifat-sifat agregat dan semen.
6. Nilai slump pada adukan beton alir meningkat seiring dengan bertambahnya persentase abu terbang sebagai pengganti sebagian semen.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.2 1998. *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete*. ACI Committee 211
- Andoyo, 2006. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Mortar*. Skripsi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik.
Universitas Negeri Semarang

- ASTM 04.02. 2004. *Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Aggregates*. Philadelphia.
- Fiandra, Firda. 2011. *Perbedaan Nilai Kuat Tekan Beton Ringan ALWA dengan Metode-metode Dreux-Corrise, ACI dan SNI*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Lampung.
- Mardiono, 2010. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi*. Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Gunadarma Jakarta
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1999. (Alih bahasa oleh Ir. Stephanus Hendarko) *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi Keempat. Erlangga. Jakarta.
- SNI 03-2461-2002. 2002. *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Surya Sebayang. 2002. *Pengaruh Kadar Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Beton Alir Mutu Tinggi*. Jurnal Penelitian Rekayasa Sipil dan Perencanaan Universitas Lampung Edisi Keenam. Lampung.